

сти современных городов с учетом их величины, народнохозяйственного профиля, конкретных градостроительных условий.

Получено 05.02.2003

УДК 621 : 662.99

І.І.МАРЧАК

*Львівтеплоенерго*

Й.С.МИСАК, д-р техн. наук, Я.Ф.ІВАСИК, канд. техн. наук,

Н.М.ЛАШКОВСЬКА, О.Г.ЦЕПАК

*Національний університет "Львівська політехніка"*

### **ВПЛИВ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ВТРАТУ ТЕПЛА В НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПОТУЖНИМИ ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ**

Розглядаються питання впливу різних факторів на втрату тепла в навколишнє середовище потужними водогрійними котлами. Наведено результати експериментально-розрахункових робіт по визначенню втрат тепла в навколишнє середовище за методикою, розробленою на основі теплового розрахунку теплоізоляції котла.

Порівняно з іншими тепловими втратами котла втрата тепла  $q_5$  в навколишнє середовище є кількісно найбільш невизначеною величиною, що пов'язано з трудомісткістю і складністю проведення прямих вимірів і багатоваріантністю методів розрахунку цього показника. Для котельної установки за допомогою відомих методів практично неможливо однозначно встановити реальну втрату тепла в навколишнє середовище.

Втрата тепла  $q_5$  переважно залежить від таких факторів:

конструктивних особливостей поверхонь нагрівання і теплоізоляції;

виду палива і температурного рівня теплоносіїв, що контактують з внутрішньою поверхнею теплоізоляції;

температури повітря в котельні;

стану і якості теплоізоляції;

величини теплопродуктивності котельної установки.

Реальна втрата тепла  $q_5$  визначається сумарною площею зовнішніх тепловиділяючих поверхонь котла, температурою зовнішньої поверхні теплоізоляції, температурою повітря в котельні і величиною наявної теплоти, що внесена в топку котла. Ці втрати тісно пов'язані з втратами тепла через теплоізоляцію котла, що повинна зменшувати втрати тепла не менше ніж на 85%. Для досягнення найбільшого ККД бруто котла необхідно, щоб втрати тепла  $q_5$  мали найменшу величину.

ну. Крім економії палива, теплова ізоляція повинна забезпечувати нормальні санітарно-гігієнічні умови праці експлуатаційного персоналу, а також обмежувати перевитрату електроенергії на додаткову вентиляцію котельні.

З метою визначення дійсної втрати  $q_5$  розроблена експериментально-розрахункова методика, заснована на методі теплового розрахунку конструкції теплової ізоляції (ТІ) [1]. Суть цієї методики полягає в тому, що питомий тепловий потік розраховують залежно від параметрів теплового стану внутрішньої і зовнішньої поверхонь теплозахисного огороження котла і температури навколишнього повітря. При цьому складові конструкції ТІ, що важко визначаються (металічні опори і кріплення, подова частина котла), а також можливі систематичні похибки вимірювань враховують за допомогою системи поправочних коефіцієнтів.

Реальний стан ТІ і достовірність визначення дійсної втрати тепла  $q_5$ , приведеної до номінальної теплопродуктивності котла і розрахункової температури навколишнього повітря  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , оцінюють за інтервалом нормованої втрати тепла в навколишнє середовище  $q_5^H$  з наступними межами:

нижня межа значень  $q_5^H$ , для якої нормований тепловий потік розраховують залежно від реальної температури внутрішньої поверхні теплоізоляції (температури теплоносія) і розрахункової температури навколишнього повітря плюс  $298\text{K}$  ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) відповідно до таблиць [2];

верхня межа значень  $q_5^H$ , для якої нормований тепловий потік дорівнює максимально допустимому значенню  $349$  або  $465, \text{Вт/м}^2$ , більше значення  $q_H$  слід приймати для котлів тепловою потужністю менше  $1,16 \text{ МВт}$  ( $1,0 \text{ Гкал/год}$ ) [3].

Звичайно, при задовільному стані ТІ втрата тепла знаходиться в середині інтервалу граничних значень  $q_5^H$ .

Відповідно до запропонованої методики проведено випробування при спалюванні природного газу на 12 типах водогрійних котлів номінальною теплопродуктивністю  $Q_{ном}$  від  $0,071$  до  $58,14 \text{ МВт}$ . Перелік типів водогрійних котлів, на яких здійснювались випробування, рік їх установки в котельній, ККД брутто і втрати тепла  $q_5$  визначені за нормативними графіками [3,4], а також за даними ЦКТІ і заводу-виготовника, наведені в табл.1.

Таблица 1

Котел	Рік установки	$Q_{ном}$ , МВт	$\eta_k^{бр}$ , %	Втрати $q_5$ , %	
				норматив	ЦКТИ (завод)
Стальний:					
КВ-ГМ-50	1990	58,14	92,5	0,7	0,5
КВ-ГМ-10	1991	11,63	92,0	1,5	-
КВ-Г-6,5	1986	7,56	92,2	1,7	0,25(2,0)
КВ-Г-4,0	1995	4,65	92,2	2,0	0,15
ТВГ-8М	1978	9,65	90,2	1,6	0,36
Жаротрубний:					
Turbomat RN-7000 Viesmann	1998	7,0	94,4	1,7	-
KCBT-3	1995	3,0	92,0	2,6	(0,5)
KCB-2	1996	2,0	91,0	4,0	(0,9)
KCB-1	1995	1,0	91,0	6,4	(0,5)
Стальний, НПСТУ-5:					
спарена модель	1988	0,81	87,0	7,0	-
одиночна модель	1982	0,69	85,0	8,0	-
Чавунний секційний:					
Стребеля, велика модель	1939	0,127	70,0	6,3	-
Стребеля, велика модель	1938	0,090	70,0	6,3	-
Стреля, мала модель	1938	0,100	70,0	6,3	-
Стреля, мала модель	1938	0,071	70,0	6,3	-

Експериментальні вимірювання виконували відповідно до [5]. Як приклад на рис.1 показана схема розміщення точок вимірювань температури зовнішньої поверхні ТІ і температури навколишнього повітря для котла КВ-ГМ-50. Температуру зовнішньої поверхні ТІ і навколишнього повітря вимірювали за допомогою термоелектричного цифрового термометра типу ТТ-Ц016М з термоперетворювачем типу Т912 (діапазон вимірювання  $-60$ – $+600$  °С, похибка при  $t \leq 200$  °С – не більше  $\pm 0,5$  °С, при  $t \geq 200$  °С – не більше  $\pm 2,5$  °С). Температуру на внутрішній поверхні ТІ вимірювали і розраховували згідно з [1].

Досліди на кожному типі котла проводили, як правило, на максимальному, мініальному і проміжному теплових навантаженнях, що встановлювалися за діючими режимними картами. По можливості, випробування виконували на двох котлах одного типу. Перед проведенням дослідів тривалість теплової стабілізації котла складала не менше 3 год. Тривалість одного дослідів визначали за обсягом експериментальних вимірювань, вона знаходилась в межах від 1 до 2 год.

Виконаний обсяг експериментальних вимірювань залежно від

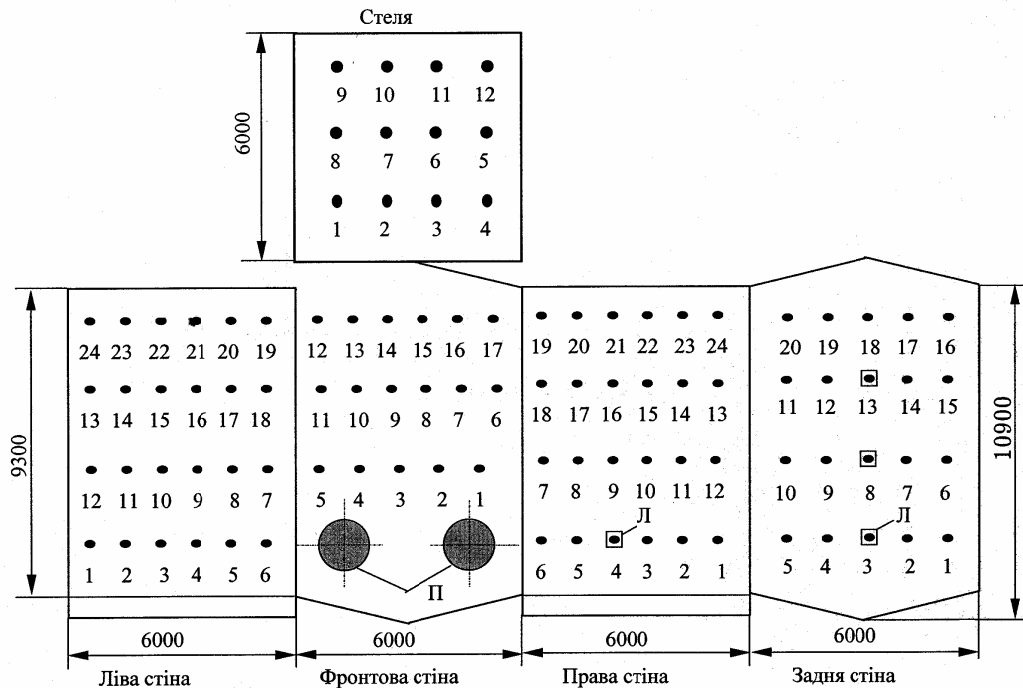


Рис.1 – Схема розміщення точок вимірювань температури зовнішньої поверхні ТП котла КВ-ГМ-50:  
П – газовий пальник; Л – котельний лаз

типу котла і числа перевірених режимів наведений у табл.2.

Таблица 2

Котел	Число		Вимірювання по одному котлу			Загальний об'єм вимірювань
	котлів	режимів	число	поверхня ТІ, м <sup>2</sup>	площа однієї ділянки, м <sup>2</sup>	
КВ-ГМ-50	2	6	97	307,2	3,2	582
КВ-ГМ-10	1	5	66	95,76	1,5	330
КВ-Г-6,5	3	10	66	75,34	1,1	504
КВ-Г-4,0	1	3	72	58,40	0,8	216
ТВГ-8М	2	8	80	102,24	1,3	410
Turbomat RN-7000	2	6	40	65,40	1,6	240
КСВТ-3	2	6	49	40,52	0,8	294
КСВ-2	2	6	43	26,45	0,6	258
КСВ-1	2	6	47	16,90	0,4	282
НІСТУ-5	5	15	49	26,40	0,5	735
Стреля	3	6	35	8,20	0,2	198
Стреля	2	4	34	5,98	0,2	118
Разом	27	81		-	-	4167

Відомо, що проведення по кожному котлу великої кількості одиничних експериментальних вимірювань зменшує загальну статичну похибку при визначенні втрати тепла  $q_5$ .

На основі виконаних експериментальних вимірювань і проведених розрахунків одержані такі усереднені показники:

реальний тепловий потік  $q$ ;

дійсна втрата тепла  $q_5$ , приведена до номінальної теплопродуктивності котла  $Q_{ном}$  і розрахункової температури навколишнього повітря +25 °С;

нижня і верхня межі інтервалу нормованої втрати тепла  $q_5^H$ ;

показник ступеня співвідношення навантажень котла  $n$ , що використовується для приведення втрати тепла  $q_5$  до номінальної теплопродуктивності або для перерахунків втрати тепла  $q_5$  з одного навантаження котла на інше.

Усереднені показники теплового потоку, втрат тепла  $q_5$  і показника ступеня  $n$  подані в табл.3.

На основі одержаних результатів зроблена оцінка ефективності теплозахисного огородження водогрійних котлів за такими показниками:

реальний тепловий потік не повинен перевищувати максимального нормованого значення 349 або 465 Вт/м<sup>2</sup>;

дійсна втрата тепла  $q_5$  не повинна перевищувати верхньої межі інтервалу  $q_5^H$ .

Таблиця 3

Котел	$Q_{ном}$ , МВт	Тепловий потік $q$ , Вт/м <sup>2</sup>	Втрата тепла $q_5$ , %	Інтервал $q_5^H$		Показник ступеня $n$
				нижня межа, %	верхня межа, %	
КВ-ГМ-50	58,14	209	0,10	0,05	0,17	0,7
КВ-ГМ-10	11,63	279	0,25	0,10	0,32	0,7
КВ-Г-6,5	7,56	326	0,35	0,13	0,39	0,7
КВ-Г-4,0	4,65	326	0,45	0,21	0,49	0,7
ТВГ-8М	9,65	523	0,60	0,22	0,40	0,7
Turbomat RN-7000	7,0	116	0,10	0,07	0,31	0,8
КСВТ-3	3,0	163	0,20	0,10	0,44	0,8
КСВ-2	2,0	140	0,20	0,11	0,50	0,8
КСВ-1	1,0	140	0,25	0,15	0,64	0,8
НІСТУ-5:						
спарена модель	0,81	733	2,5	0,8	1,9	0,8
одиначна модель	0,69	700	3,0	1,0	2,5	0,7
Стребеля:						
велика модель	0,127	419	3,0	0,7	3,3	0,6
велика модель	0,090	453	3,5	0,7	3,6	0,6
Стреля:						
мала модель	0,100	500	2,5	0,4	2,3	0,6
мала модель	0,071	465	3,5	0,7	3,5	0,6

На рис.2, 3 наведені узагальнені залежності втрат тепла  $q_5$  від номінальної теплопродуктивності  $Q_{ном}$  водогрійних котлів типу КВ-ГМ, КВ-Г і жаротрубних котлів типу КСВ, КСВТ.

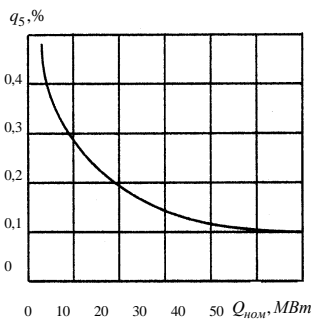


Рис.2 – Залежність втрати тепла в навколишнє середовище від номінальної теплопродуктивності котлів типу КВ-ГМ і КВ-Г

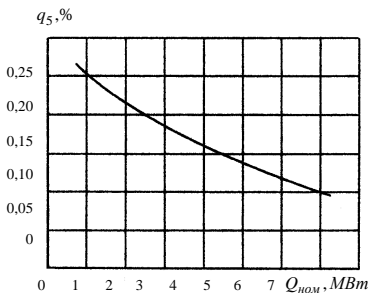


Рис.3 – Залежність втрати тепла в навколишнє середовище від номінальної теплопродуктивності жаротрубних котлів типу КСВ і КСВТ

Для практичного використання по кожному типу котла можуть бути складені в аналітичній або графічній формах залежності втрат тепла  $q'_5$  від зміни теплопродуктивності  $Q_K$  в експлуатаційному діапазоні навантажень. При цьому значення показника ступеня співвідношення навантажень  $n$  для кожного типу котла приймають за табл.3.

На рис.4 показана залежність втрат тепла  $q'_5$  від теплопродуктивності  $Q_K$  котла КВ-ГМ-50. В аналітичній формі вона виражається рівнянням:

$$q'_5 = 1,718 Q_K^{-0,7}.$$

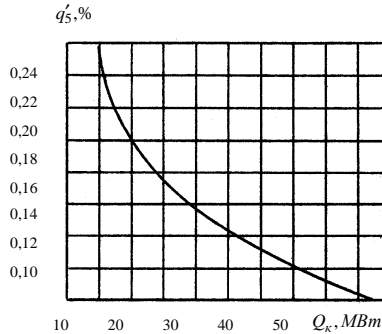


Рис.4 – Втрати тепла в навколишнє середовище в експлуатаційному діапазоні зміни теплопродуктивності котла КВ-ГМ-50

### Висновки

Експериментально-розрахункові роботи, проведені на 12 типах водогрійних котлів по визначенню втрат тепла в навколишнє середовище, дали позитивні результати.

Теплозахисне огороження сучасних потужних водогрійних котлів типу КВ-ГМ, КВ-Г, жаротрубних має задовільні теплоізоляційні властивості, які відповідають вимогам критеріїв ефективності. Теплозахисне огороження застарілих котлів (ТВГ, НІСТУ-5, Стреля) не забезпечує в повній мірі тепловий захист від зовнішнього охолодження.

Середній рівень дійсних втрат тепла  $q_5$ , визначених за запропонованою методикою, сумісний з даними ЦКТИ і в 2-5 разів менше значень  $q_5$  за нормативними графіками.

- 1.Залкинд Е.М. Материалы обмуровок и расчет ограждений паровых котлов. – М.: Энергия, 1972.
- 2.Нормы проектирования тепловой изоляции для трубопроводов и оборудования электростанций и тепловых сетей. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1959.
- 3.Юренко В.В. Теплотехнические испытания котлов, работающих на газовом топливе. – Л.: Недра, 1987.
- 4.Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). – М.: Энергия. 1973.

5.Руководящие указания по испытаниям тепловой изоляции на электростанциях. – М.: БТИ ОРГРЭС, 1964.

*Отримано 03.02.2003*

УДК 621.444 + 621.577

В.Ф.ГУБАРЬ, д-р техн. наук, С.А.ГОРОЖАНКИН, канд. техн. наук  
*Донбасская государственная академия строительства и архитектуры, г.Макеевка*

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК СТИРЛИНГА С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ТЕПЛОТЫ ДЛЯ ЛОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ**

Рассматриваются особенности теплонасосных установок с термотрансформаторами, работающими по циклу Стирлинга. Исследована их эффективность с различными вариантами привода, а также природными возобновляемыми источниками теплоты.

В условиях дефицита тепловой и электрической энергии, необходимости экономии энергоносителей особое внимание привлекают системы малой мощности для индивидуального теплоснабжения жилых и общественных зданий. К основным задачам по повышению эффективности таких систем относится разработка автономных теплогенераторов, комплексных систем теплохладоснабжения с тепловыми насосами, что соответствует приоритетному направлению «Экологически чистая энергетика и энергосберегающие технологии».

Практика эксплуатации [1, 2] систем отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования показывает, что децентрализованное теплоснабжение, полностью исключаящее прокладку тепловых сетей, позволяет уменьшить тепловые потери в 3-5 раз. Теплонасосные установки (ТНУ), широко выпускаемые в странах Западной Европы, США, Японии, особенно эффективны при малой плотности застройки, использовании энергии естественных источников теплоты – воды, грунта, воздуха и т.д. Среди ТНУ наиболее перспективными считаются установки на базе тепловых машин Стирлинга (ТМС) [3-5]. Их эффективность выше, чем термотрансформаторов других типов. Исследования ТМС в Украине проводятся в недостаточном масштабе, хотя за рубежом созданы и испытываются экспериментальные установки различного назначения, работающие по циклу Стирлинга. Такое состояние проблемы требует активных действий в этом направлении, включая научные исследования.

Внедрение ТНУ с ТМС, использующими естественные источники низкопотенциальной теплоты, позволяет повысить суммарный коэффициент преобразования первичной энергии в 1,5-2 раза. Использо-